

Title	多層型銅酸化物における磁性と超伝導の相関
Author(s)	Won, Jihee
Citation	平成29年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書
Issue Date	2018-04
oaire:version	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/68122">https://hdl.handle.net/11094/68122</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 平成 29 年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏 名	ウォン ジヒ WON JIHEE	学部 学科	基礎工学部 電子物理科学科	学年	3 年
ふりがな 共 同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	棕田 秀和	所属	基礎工学研究科 物性物理工学領域		
研究課題名	多層型銅酸化物における磁性と超伝導の相関 (申請時のタイトル：原子価数および構造揺らぎのある物質での超伝導発現との相関に関する核磁気共鳴実験(NMR)を用いた研究)				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
<p>・研究目的</p> <p>この自主研究では、さらなる高温超伝導を目指せる新しい超伝導メカニズムの解明と発見をするという大きな目的のもと、新しく発見された超伝導物質やまだ超伝導の起源が未解明の物質などを研究している実験グループで、最先端の研究を体験させてもらえる機会を得た。</p> <p>銅酸化物高温超伝導体における超伝導発現メカニズムは、反強磁性相が強く残る酸素のドーピング領域で様々な異常が報告され、それらの全容を説明できる理論モデルがないため、未だに解明されていないのが現状である。そこで、本研究では反強磁性を示すモット絶縁体の多層型銅酸化物を用いて反強磁性と超伝導の相関を明らかにすることを目的として、ミクロな視点から明らかにする核磁気共鳴 NMR という測定手法を用いた研究を行った。</p> <p>申請段階では当初、原子価数及び構造揺らぎのある物質を用いて、新しいタイプの揺らぎと超伝導との相関を研究するのが目的であったが、他のグループにより類似研究がなされたことが確認され、対象とする超伝導試料をこの多層型銅酸化物に変更した。新たに変更された研究目的は、未だに解明されていない新しい超伝導メカニズムを明らかにするという意味で、最初の研究目的と同じである。</p> <p>・研究計画</p> <p>本研究では、銅酸化物における超伝導に最も重要な CuO<sub>2</sub> 面に乱れが少ない Bi 系 3 層型銅酸化物 (Bi2223UD#2) の大型単結晶試料を用いた。高磁場の 15 T で行われた先行研究から、低温で磁場誘起の磁性が発生していると予想されている物質である。その磁性が現れる温度が、超伝導転移温度より十分低い温度で Vortex の Solid-Liquid に伴う相転移温度と近いと、それらが関係しているのかが不明であった。そこで、より低い磁場である 6.5 T の磁場領域で試料の Cu サイトの NMR スペクトルの幅の温度依存性を測定し、異なる磁場領域で行うことによってその相転移との相関があるのかどうか調べる。本研究を通じて、反強磁性と超伝導との相関をさらに明らかにすることで超伝導のメカニズムの解明へつながることが期待される。</p>					

### ・研究方法

本研究では原子サイトを空間選択・分解したマイクロな実験手法である核磁気共鳴 NMR という実験手法を用いる。この手法については、現在指導教員から原理と測定の方法を教えてもらいながら実行する。そこで体験した実験手順を以下に示す。

1. 核磁気共鳴現象を起こすために必要になるコイルを銅線または銀線を用いて作る。
2. 作ったコイルを NMR 装置(ポート)に刺すヘッド(測定プローブ)の先端にはんだ付けで繋ぐことによって共鳴回路を作り、共鳴に必要な周波数領域が得られたのかをネットワークアナライザで確認する。
3. ヘッドの先端に繋がったコイルの中に試料を挟み、温度計を繋ぎ、キャップをする。この時、CuO<sub>2</sub> 面が磁場方向に垂直になるように試料を固定しないとイケない。
4. ポートの中の圧力をあげ、試料がついているヘッドをポートに刺す。
5. 周波数、位相、1<sup>st</sup> パルスの幅、2<sup>nd</sup> パルスの幅、パルス同士の間の時間間隔( $\tau$ ), Gain 等の測定条件を備えて、試料付近の温度を 4.2 K にする。
6. 共鳴信号が見えると思われる磁場領域で磁場を sweep させながら共鳴信号が現れる磁場領域を探す。
7. 共鳴信号が見えたら Cu-NMR スペクトルの幅が入る磁場領域で磁場を sweep させながら幅を測定する。
8. 7 の過程を、温度を変えながら測定する(1~110 K)
9. この時、常に磁場を発生させるため、ポート内に液体ヘリウムが減るとそれを補充する作業(トランスファー)を行う。
10. 実験の効率を上げるために、低温増幅器が入っている液体窒素が減ると、それを補充する。
11. 測定が終わるとヘッドをポートから抜く。

### ・研究成果

今回の実験を通じて、6.5T 付近の磁場領域、4.2 K~110 K の温度領域で Cu-NMR スペクトルを得ることができた。その測定結果から得られた結果を以下に示す。

#### 1. Cu-NMR スペクトル幅の温度依存性

15 T で行われた先行研究では、高温側から考えた時、Cu-NMR スペクトル幅が増大する温度は 5~6 K であり、15 T での Vortex の Solid-Liquid 転移温度と近い温度であった。幅の急激な変化が Vortex の相転移によるものならば、6.5 T で幅が急変する温度が Vortex の相転移温度と近い温度であるならば幅の増大はより高い温度から起こるはずである。

図 1 に本研究で得られた約 6.5 T でのスペクトルの線幅の温度依存性を示す。図 1 から確認できるように、幅が急変する温度は 14~15 K の温度領域で、15 T の時と比べて、9 K 程度高

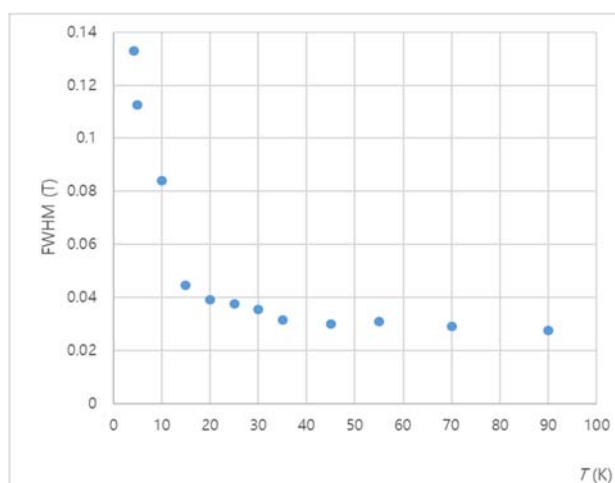


図 1. Cu-NMR スペクトル幅の温度依存性(7 T)

い温度領域であることが確認できた。これは、Vortex の Solid-Liquid 転位温度の温度依存性の傾向と一致する結果であり、期待していた結果が得られた。この結果は、外部磁場を CuO<sub>2</sub> 面に垂直な方向に印加することにより Vortex が低温で凝固し、それによって、その近傍で磁気分極が発生したことによるものと考えられる。また、これは、本物質の CuO<sub>2</sub> 面が超伝導でありながら、磁気臨界近傍にあることを暗に意味し、磁気臨界の揺らぎが超伝導と共に存在していることを意味する。

・感想

本研究は行われた期間的にもスケールのにも小さい規模の研究だったとはいえ、今まで誰も報告していなかった研究、即ち最先端の研究である。まだ確立していな理論や、解明されていない状況を研究者なりのイメージを持ち、なされる最先端の研究をしながら、今までの教科書に書いてある確立した理論を依存し、物事を考えてきた思考プロセスとは違う思考を持つことができた。その気分はまるで、見えない霧の中で探し物をしながら進む気分であった。又、実際に実験装置を操作しながら、教科書でしか見たことのないものや、公式を実際に扱ったり、適用したりするというプロセスは、今までしてきた勉強の大事さと意味を再び感じさせてくれた。さらに、最初にしようとしていた研究を他のグループが先にしてしまい、研究テーマを変えざるを得ない状況になった経験から、最先端の研究の世界での激しい競争と、世の中では活発に研究が行われているということを実験することができた。特に、この研究から得られた結果は2回の測定失敗の上で得られた結果であるが、その失敗するごとに何が起きているのかが誰も分からない状態で、失敗の原因を考え、その原因をなくすためにはどうすべきかを、自分が解決できる範囲の中で考え、再度実験をし直すという経験は初めての経験であった。この面から考えて、この自主研究は、今後研究者の道を進む自分の人生において非常に大事な一歩である。